

⑫ 公開特許公報(A)

昭61-201214

⑤ Int. Cl.⁴

識別記号

庁内整理番号

③ 公開 昭和61年(1986)9月5日

G 02 F 1/01
 // G 02 B 5/18
 5/30

Z-7448-2H
 7529-2H
 7529-2H

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

④ 発明の名称 光変調装置

① 特 願 昭60-43237

② 出 願 昭60(1985)3月5日

⑦ 発 明 者 坂 田 肇 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キャノン株式会社内
 ⑧ 出 願 人 キャノン株式会社 東京都大田区下丸子3丁目30番2号
 ⑨ 代 理 人 弁理士 丸島 儀一

明 細 書

1. 発明の名称

光変調装置

2. 特許請求の範囲

(1) 光学的等方性を有する第1の物質と、光学的異方性と光学的等方性の2つの状態が制御可能な第2の物質との界面でグレーティングを形成し、前記第2の物質が光学的異方性の状態に於て、任意の偏光特性を有する入射光の互いに直交する2つの偏光成分が、前記光学的異方性を有する第2の物質に対して感じる個々の屈折率 n_1 、 n_2 と前記第1の物質の屈折率 n_g とに所定の関係を与える事により、前記任意の偏光特性を有する入射光を前記グレーティングで回折せしめ、前記第2の物質が光学的等方性の状態に於て、該光学的等方性を有する第2の物質の屈折率 n_1 と前記第1の物質の屈折率 n_g がほぼ等しくなるように設定した事を特徴とする光変調装置。

(2) 前記グレーティングが三角波状を成し、そ

の厚みを T 、入射光の波長を λ_0 とした時、

$$|n_1 - n_g| \cdot T \cong m_1 \lambda_0 \quad (m_1 = 1, 2, 3, \dots)$$

$$|n_2 - n_g| \cdot T \cong m_2 \lambda_0 \quad (m_2 = 1, 2, 3, \dots)$$

を同時に満足する事を特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の光変調装置。

(3) 前記グレーティングが矩形状を成し、その厚みを T 、入射光の波長を λ_0 とした時、

$$|n_1 - n_g| \cdot T \cong \left(\frac{1}{2} + \ell_1\right) \cdot \lambda_0 \quad (\ell_1 = 0, 1, 2, \dots)$$

$$|n_2 - n_g| \cdot T \cong \left(\frac{1}{2} + \ell_2\right) \cdot \lambda_0 \quad (\ell_2 = 0, 1, 2, \dots)$$

を同時に満足する事を特徴とする特許請求の範囲第(1)項記載の光変調装置。

(4) 前記グレーティングが正弦波状を成し、その厚みを T 、入射光の波長を λ_0 とした時、

$$|n_1 - n_g| \cdot T \cong \lambda_0 \left(k_1 - \frac{1}{4} + \frac{0.050661}{4k_1 - 1} - \frac{0.053041}{(4k_1 - 1)^3} + \frac{0.262051}{(4k_1 - 1)^5} + \dots \right)$$

$$(k_1 = 1, 2, 3, \dots)$$

$$|n_2 - n_g| \cdot T \cong \lambda_0 \left(k_2 - \frac{1}{4} + \frac{0.050661}{4k_2 - 1} - \frac{0.053041}{(4k_2 - 1)^3} + \frac{0.262051}{(4k_2 - 1)^5} + \dots \right)$$

$$(k_2 = 1, 2, 3, \dots)$$

を同時に満足する事を特徴とする特許請求の範囲

図第(1)項記載の光変調装置。

3. 発明の詳細な説明

(1) 技術分野

本発明は、光表示用、光記録用、光結合用、光通信用、光演算用等の各種装置に好適な光変調装置に関する。

(2) 従来技術

従来、光変調装置として代表的なものには P L Z T、B S O 等の電気光学結晶や液晶を利用した装置があった。

電気光学結晶を利用した装置には、スライスした電気光学結晶面上に交差した櫛状電極を設けて前記電気光学結晶の前後に偏光子及び検光子を備え、前記櫛状電極に電界を印加する事により結晶内の複屈折性を変化させて偏光子、電気光学結晶、検光子より成る装置を透過する光束の制御を行なう装置がある。この装置は比較的応答特性に優れて単色光に対するコントラスト比も高いが、通常、駆動電圧が100Vから数KVと非常に高く、しかも大面積比が困難で

あるという欠点を有していた。

又、液晶を利用した装置としては、互いに直交する方向に配向処理を施した透明電極間に液晶を充填して液晶を螺旋状に配向させ、静的状態では互いに直交する偏光板を光束が透過し、電界印加時は液晶が電界方向に配向され光束が出射側に設置された偏光板で遮断されて透過が不可能となる装置がある。このような液晶を利用した装置は駆動電圧が低く比較的材料が安価であるが、スイッチング応答速度や温度安定性などに問題があり、コントラスト比や光利用効率なども満足できるものではなかった。

上述した代表的な光変調装置はもちろんのこと従来の大部分の光変調装置は、入射光として特定の偏光特性を有する光、通常直線偏光させたものを利用する為に、ランダムな偏光を有する入射光に対して偏光板を使用せざるを得ず、入射光が偏光板を透過する際に光利用効率が大きく低下していた。

3

4

(3) 発明の概要

本発明の目的は、従来欠点を除去し、任意の偏光特性を有する入射光に対して高い光利用効率を備えた光変調装置を提供する事にある。

上記目的を達成する為に、本発明に係る光変調装置は、光学的等方性を有する第1の物質と、光学的異方性と光学的等方性の2つの状態が制御可能な第2の物質との界面でグレーティングを形成し、前記第2の物質が光学的異方性の状態に於て、任意の偏光特性を有する入射光の互いに直交する2つの偏光成分が、前記光学的異方性を有する第2の物質に対して感じる個々の屈折率 n_1 、 n_2 と前記第1の物質の屈折率 n_g とに所定の関係を与える事により、前記任意の偏光特性を有する入射光を前記グレーティングで回折せしめ、前記第2の物質が光学的等方性の状態に於て、該光学的等方性を有する第2の物質の屈折率 n_i と前記第1の物質の屈折率 n_g がほぼ等しくなるよう設定した事を特徴としている。

上記屈折率 n_1 、 n_2 及び n_g の間に於る所定の関係は、上記グレーティングの形状により異なり、例えば、入射光の波長を λ_0 、グレーティングの厚さを T として、該グレーティングの形状が三角波状の場合、以下の式で表わす事ができる。

$$|n_1 - n_g| \cdot T \cong m_1 \lambda_0 \quad (m_1 = 1, 2, 3, \dots)$$

且つ、

$$|n_2 - n_g| \cdot T \cong m_2 \lambda_0 \quad (m_2 = 1, 2, 3, \dots)$$

又、矩形形状グレーティングの場合は、

$$|n_1 - n_g| \cdot T \cong \left(\frac{1}{2} + l_1\right) \lambda_0 \quad (l_1 = 0, 1, 2, \dots)$$

且つ、

$$|n_2 - n_g| \cdot T \cong \left(\frac{1}{2} + l_2\right) \lambda_0 \quad (l_2 = 0, 1, 2, \dots)$$

更に、正弦波状グレーティングの場合は、

$$|n_1 - n_g| \cdot T \cong \lambda_0 \left(k_1 - \frac{1}{4} + \frac{0.050661}{4k_1 - 1} - \frac{0.053041}{(4k_1 - 1)^3} + \frac{0.262051}{(4k_1 - 1)^5} - \dots \right) \quad (k_1 = 1, 2, 3, \dots)$$

且つ、

$$|n_2 - n_g| \cdot T \cong \lambda_0 \left(k_2 - \frac{1}{4} + \frac{0.050661}{4k_2 - 1} - \frac{0.053041}{(4k_2 - 1)^3} + \frac{0.262051}{(4k_2 - 1)^5} - \dots \right) \quad (k_2 = 1, 2, 3, \dots)$$

で表わす事ができる。

上記第1の物質としては、例えばガラス、 SiO_2 、 MgO 、 KCl 、 NaCl 、 KBr 、 SrTiO_3 、 PMMA （ポリメチル・メタクリレート）、ポリスチレン、ポリカーボネート、 PVK （ポリビニル・カルバゾール）、エポキシ樹脂、フオトレジスト等が好適である。又上記第2の物質は温度、圧力、電界、磁界等により光学的状态が変わるもので、例えば液晶、 PLZT 、 LiTaO_3 、 $\text{Gd}_2(\text{MoO}_4)_3$ 、 $\text{Bi}_4\text{T}_3\text{O}_{12}$ 、 $\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$ 、 BaTiO_3 、 $\text{Ba}_2\text{NaNbO}_{15}$ 、 SbSI 、 PbTiO_3 、 NaNbO_2 、 CuCl 、 TiO_2 、 MgF_2 等が挙げられる。特に、ネマチック液晶や強誘電性液晶は屈折率差（異常屈折率と常屈折率の差）が大きく、制御方法が簡単である為好適な物質である。

上記グレーティングの形状は、矩形状、三角波状、正弦波状等各種形状を使用する事が可能で、該グレーティング形状、第1及び第2の物

質は本装置の作成上に於ける容易性、仕様に係る条件等により決定されるものである。又、第1の物質の状態を変化させる手段としては、前述の様に温度（熱）、圧力、電界、磁界等があり、温度で制御する場合はヒーター、電界で制御する場合は電極等を装置に備える。

本光変調装置は、任意の偏光特性を有する光、即ち通常の光源より出射されるランダムな偏光成分を持つ光を互いに直交する2つの偏光成分を有する個々の光と考え、各々の偏光成分に対する光変調を同時に行なう事により任意の偏光特性を有する光に対する変調を可能としている。又、本装置を使用する場合、透過光及び反射光を変調光として利用する事ができる。従って、透過光を利用する場合は本装置の構成部材は使用光に対して透明性を有していなければならない、反射光を使用する場合は基板もしくは所定の部材に反射性のものを用いるか反射膜を設ける必要がある。

7

(4) 実施例

第1図及び第2図は本発明に係る光変調装置の構成例で、1は光学的不等方性と光学の等方性の2つの状態を制御する事が可能な物質（以下、光学的状态可変物質と記す。）、2は光学の等方性物質、3は透明ヒータ、4は透明基板、5は入射光、6、6'は入射光5の互いに直交する偏光成分を示す。又、図中の⊗印は初期状態に於ける光学的状态可変物質1の光学軸の方向を示し、該光学軸はグレーティングの構方向（紙面垂直方向）を向いている。又、入射光の偏光成分の内⊙印はグレーティング構方向、←印はグレーティングの配列方向を指している。

第1図(A)に係る装置は、光学的状态可変物質1と光学の等方性物質2によって三角波状グレーティングが形成され、光学的状态可変物質1に接して透明ヒータ3が設けられている。透明ヒータ3により光学的状态可変物質1の状態を変化させてグレーティングの特性を制御し、入射光5の変調を行なう。以下、第1図

8

(B)～(D)に示す装置は全て三角波状グレーティングを有し、光学的状态可変物質1の状態を透明ヒータ3を介し熱によって制御する装置であるが、(B)に於ては透明基板4自体をグレーティング状即ち光学の等方性物質2とし、(C)に於ては透明ヒータ3をグレーティング状即ち光学の等方性物質2とし、(D)に於てはグレーティング面に沿って透明ヒータ3を形成したものである。

第2図(A)、(B)はグレーティング形状の異なる光変調装置の一例であり、(A)に於ては光学的状态可変物質1と光学の等方性物質2の界面で矩形状グレーティングを形成し、(B)に於ては正弦波状グレーティングを形成している。本実施例の装置でも光学的状态可変物質1の状態を制御する為に透明ヒータ3を設けている。

以上、第1図及び第2図に示した実施例に於て光学的状态可変物質1の光学軸はグレーティング構方向を向いている。しかし初期状態に於

る光学軸の方向は入射光の進行方向を向いていない限り任意の方向に設定できる。但し、好ましくは入射光の進行方向に対する光学軸方向の両方向を含む平面内に於る角度 θ が $\theta \geq 30^\circ$ であれば、より良好に本装置は機能する。この角度 θ は光学的状态可変物質、入射光の偏光特性、作成上及び装置の仕様に対する条件等により決まる。

以下、図面を用いて本光変調装置の変調原理を説明する。第3図は本光変調装置の変調原理説明図で、7、7'は高次回折光、8は零次透過光を示し、第1図と同じ部材及び記号には同番号を付してある。尚、装置の構成は第1図(A)の装置と同じものである。

一般にランダムな偏光方向を持つ光5は、図示している様に、その成分を直交する2つの偏光成分6、6'に分けて考える事が可能である。本光変調装置の透明ヒータ3に電流を通电していない静的状態に於て、光学的状态可変物質1は光学的異方性を示し、その光学軸はグレーテ

ィング方向を向いている。この時、入射光5の偏光成分6は偏光方向が光学的状态可変物質1の光学軸方向と一致し、光学的状态可変物質1の異常屈折率 n_e を感じる。又、偏光成分6'は偏光方向が光学的状态可変物質1の光学軸方向と直交して常屈折率 n_o を感じる。更に、光学的等方性物質2に対しては、入射光5は偏光成分に係わらず屈折率 n_g を感じる。従って、入射光5の互いに直交する偏光成分6及び6'は、各々屈折率 n_o と n_g 、 n_e と n_g から成るグレーティングを感じる。

次に透明ヒータ3によって光学的状态可変物質1に熱を加え、光学的状态可変物質1の温度を臨界温度以上にすると、この時、光学的状态可変物質1は等方性物質に変化し、入射光5の任意の偏光成分、即ち偏光成分6、6'は共に等方性となった光学的状态可変物質1の屈折率 n_i を感じる。従って、任意の偏光成分が屈折率 n_i と n_g から成るグレーティングを感じる事になる。

11

ここで入射光5の波長を λ_0 、入射光の両偏光成分6、6'に対するグレーティングを形成する物質1、2の屈折率差を Δn 、グレーティング層の厚さを T とすれば、第3図に示す様な三角波状グレーティングに於る零次透過回折光8の回折効率 η_0 は次の(1)式で表わせる。

$$\eta_0 = \sin^2 \left(\pi \frac{\Delta n \cdot T}{\lambda_0} \right) \quad \text{-----(1)}$$

(1)式に於て、 $\Delta n \cdot T = 0$ の時 $\eta_0 = 1$ 即ち生じる回折光は零次透過光8のみとなり高次回折光7、7'は発生しない。又、 $\Delta n \cdot T = m \lambda_0$ ($m = 1, 2, 3, \text{----}$)の時 $\eta_0 = 0$ 即ち零次透過回折光8は発生せず、入射光5の持つエネルギーの殆どは高次回折光7、7'のエネルギーとなり出射する。従って、本実施例の場合、光学的状态可変物質1の屈折率 n_e 、 n_o 、 n_i 、光学的等方性物質2の屈折率 n_g 、及び入射光の波長 λ_0 の間で下記(2)、式を満足する様に設定しておけば、入射光5の偏光成分6、6'は共に $\Delta n \cdot T = m \lambda_0$ を満足し静的状態に於て零次透過回折光8は発生しな

12

い。又、透明ヒータ3によって光学的状态可変物質1の状態を光学的等方性(屈折率 n_i)に変えた時は、入射光5は全てグレーティングを透過し零次透過回折光8となり出射する。

$$\left. \begin{aligned} |n_e - n_g| \cdot T &= m_1 \lambda_0 \quad (m=1, 2, \text{----}) \\ |n_o - n_g| \cdot T &= m_2 \lambda_0 \quad (m=1, 2, \text{----}) \\ n_g &= n_i \end{aligned} \right\} \quad \text{-----(2)}$$

以上の説明から解る様に、ランダムな偏光成分を有する光であっても、その互いに直交する偏光成分に対して同一装置で同時に光変調を行なう事により、光利用効率を低下させる事なく変調可能である。又、本実施例では、垂直入射光に対し零次透過回折光を変調光として取り扱ったが、入射角度は任意の角度で良く、変調光として利用する光は高次回折光でも構わない。

尚、第2図を用いて述べた様に、光学的状态可変物質1と光学的等方性物質2によって形成されるグレーティングの形状は各種形状が存在する。この場合、(1)式で示した零次透過回折光の回折効率 η_0 の式はグレーティング形状

によって異なる。例えば、第2図(A)に示す矩形状グレーティングに於ては次の(3)式になる。

$$\eta_0 = \frac{1}{2} \{1 + \cos(2\pi \frac{\Delta n T}{\lambda_0})\} \quad \text{--- (3)}$$

但し、(3)式の場合、 $\Delta n T = \ell_1 \lambda_0$ ($\ell_1 = 0, 1, 2, \dots$) の時 $\eta_0 = 1$ 、 $\Delta n T = (\frac{1}{2} + \ell_2) \lambda_0$ ($\ell_2 = 0, 1, 2, \dots$) の時 $\eta_0 = 0$ となる。

以下、第2図(A)に示す本光変調装置の作成過程と性能評価の結果を記す。尚、光学的状态可変物質1としてネマチック液晶を、光学的同方性物質2として光学ガラスを用いた。

第4図は本光変調装置の作成過程を示す図で、第2図(A)と同じ部材には同番号を付す。又、9はグレーティング溝方向に配向した液晶、10はA2膜を示す。

BaF₂ガラス(25×25×1mm³)の両面を光学研磨及び洗浄して作成したガラス基板2上にRD-2000N(日立製作所製ネガ型レジスト)をスピナー塗布し厚さ8000Åのレジスト膜を形成した。このガラス基板2を140℃、20

15

Neレーザ($\lambda = 6328\text{Å}$)を光源として用い、ランダムな偏光成分を有する光を直接垂直入射させて零次透過回折光の回折効率を測定した。測定系の周囲温度を約20℃に保ち透明ヒータ3に電流を印加しない状態に於て、液晶9はネマチック相でありグレーティング溝方向に配向している。この時、グレーティングの配列方向に平行な偏光成分は液晶9の常屈折率 $n_o = 1.52$ を感じ、グレーティングの溝方向に平行な偏光成分は液晶9の異常屈折率 $n_e = 1.72$ を感じる。又、ガラス基板2に対しては両偏光成分屈折率 $n_g = 1.57$ を感じる。従って両偏光成分共(1)式に於て $\eta_0 = 0$ と成り、入射光は全て高次回折光となって出射し零次透過回折光は発生しなかった。次に透明ヒータ3に電流を印加したところ、液晶9は液層即ち光学的同方性物質に変化して同方性屈折率 $n_i = 1.57$ を示した。この時 $n_i = n_g$ である為、入射光に対してグレーティングは存在しない事になる。(△ $n \cdot T = 0$)従って、入射

17

分間のプリベークした後、遠紫外光によるマスク露光、現像処理及びリンス処理を行ない、ピッチ6μmのレリーフ状レジストグレーティングを形成した。次にCF₄-O₂混合ガスを用いたイオン・エッチング法によりガラス基板2を深さ6.3μmに食刻し第4図(A)に示す基板を製作した。

続いて、上記基板同様の処理を施したBaF₂ガラス基板4(50×25×1mm³)を用意し、イオンプレーティングによりガラス基板4に透明ヒータ3としてITO膜を第4図(B)に示す所定位置に成膜した。その後、上記ITO膜の両端にA2膜10から成るリード部を分子ビーム蒸着法で厚さ1000Åに成膜した。

上記2枚の基板を、グレーティング領域と透明ヒータ領域とが相対する様に貼り合わせ、ネマチック液晶E7(BDH社製)9を充填後シールした。(第4図(C))

第4図(C)に示す本光変調装置に、He-

16

光は素通りして零次方向へ出射した。測定によれば、零次透過回折光の回折効率は電流通電の有無により1%から80%の間で変化した。

(5) 発明の効果

以上説明した様に、本発明に係る光変調装置は、偏光板が不要であり、任意の偏光特性を有する光に対し高い光利用効率を備えた装置である。

4. 図面の簡単な説明

第1図及び第2図は本発明に係る光変調装置の構成例を示す図。第3図は本光変調装置の変調原理説明図。第4図は本光変調装置の作成過程の一例を示す図。

1 ---- 光学的状态可変物質

2 ---- 光学的同方性物質

3 ---- 透明ヒータ

4 ---- 透明基板

5 ---- 入射光

6, 6' ---- 互いに直交する偏光成分

7, 7' ---- 高次回折光

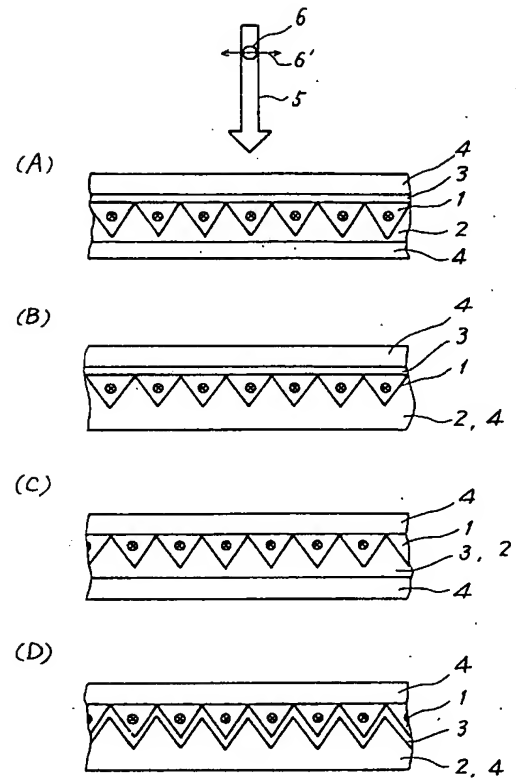
18

8 ---- 多次透過 (回折光)

9 ---- 液晶

10 ---- Al 電極

第 1 図



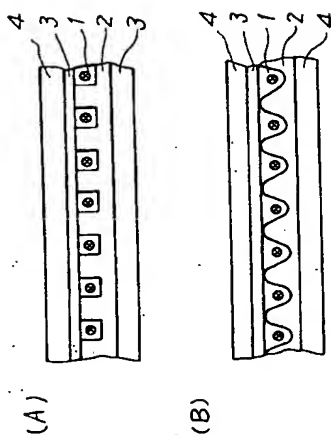
出願人 キヤノン株式会社

代理人 丸島 儀

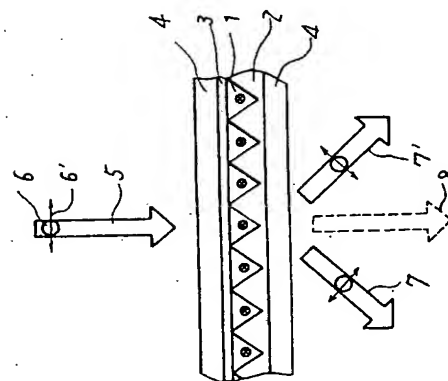


19

第 2 図



第 3 図



第 4 図

